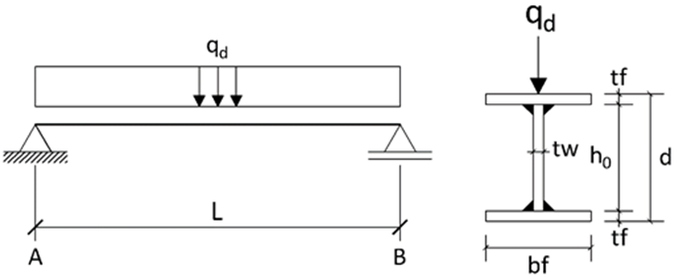
AM1_E07-03

A viga biapoiada e contida lateralmente esquematizada ao lado é solicitada por uma carga distribuída em valor de cálculo qd= 60kN/m e será construída em perfil soldado em aço MR250 sendo ela uma viga de piso.



Dadas as dimensões:

$L := 550\ \text{cm}$ $tw := 8\ \text{mm}$ $tf := 16\ \text{mm}$ $bf := 250\ \text{mm}$

$fy := 250\ \text{MPa}$ $E := 200\ \text{GPa}$

determinar qual a menor altura de alma (ho) (em modulação de 1cm) – necessária para que a viga resista a solicitação aplicada, verificando a resistência à momento fletor, esforço cortante e os deslocamentos limites.

- Em termos de esbeltez, a alma do perfil deve ser compacta.
- Considerar qd como sendo permanente e majorada com γg= 1.4.

$\gamma g := 1,4$ $\gamma a1 := 1,1$

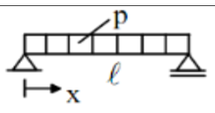
Combinações de Ações:

Combinação Normal ELU: $q_elu := 60\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Combinação Frequente ELS: $q_els := \frac{q_elu}{\gamma g} = 42,8571\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Solicitações Máximas

$Msd := \frac{q_elu \cdot L^2}{8} = 226,88\ \text{kN m}$ $Vsd := \frac{q_elu \cdot L}{2} = 165,00\ \text{kN}$

	$\frac{5}{384}\frac{pL^4}{EI}$	0,5 L	$\frac{pL^4}{24EI}(-\alpha^4 + 2\alpha^3 - \alpha)$

- Usando a equação da elástica da tabela de vigas (eixo "z" como eixo horizontal da seção transversal):

$\delta(x) := \frac{q_els \cdot L^4}{24 \cdot E \cdot Iz} \cdot \left[-\left(\frac{x}{L}\right)^4 + 2 \cdot \left(\frac{x}{L}\right)^3 - \left(\frac{x}{L}\right) \right]$

$\theta(x) := \frac{d}{dx}\delta(x)$ $\theta(x) := \frac{q_els \cdot L^4}{24 \cdot E \cdot Iz} \cdot \left[-4 \cdot \frac{x^3}{L^4} + 6 \cdot \frac{x^2}{L^3} - \frac{1}{L} \right]$

$M(x) := E \cdot Iz \cdot \frac{d}{dx}\theta(x)$ $M(x) := \frac{q_elu \cdot L^4}{24} \cdot \left[-12 \cdot \frac{x^2}{L^4} + 12 \cdot \frac{x}{L^3} \right]$ $M(x) := q_elu \cdot \left[-\frac{x^2}{2} + \frac{x \cdot L}{2} \right]$

$V(x) := \frac{d}{dx}M(x)$ $V(x) := \frac{q_elu \cdot L^4}{24} \cdot \left[-24 \cdot \frac{x}{L^4} + \frac{12}{L^3} \right]$ $V(x) := q_elu \cdot \left[-x + \frac{L}{2} \right]$

Para encontrar posição do momento extremo fazer : M'(x) = 0 ou seja, V(x) = 0 , logo: $x_Mext := \frac{L}{2}$

$Mext := q_elu \cdot \left(-\frac{L^2}{8} + \frac{L^2}{4} \right)$ $M_0 := 0$ $M_L := 0$ $Msd := \frac{q_elu \cdot L^2}{8} = 226,875\ kN\ m$

$Vsd := \frac{q_elu \cdot L}{2} = 165\ kN$

$\delta(Iz) := \frac{5 \cdot q_els \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Iz}$ Expressão da flecha máxima calculada

---

Cálculo da altura da alma conforme FLA e FLM:

Verificação FLA:

Tipo de Seção e Eixo de Flexão	Estados Limites	M_r	M_{cr}	λ	λ_p	λ_r
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U não sujeitas a momento de torção, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	FLT	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 1	$\frac{L_b}{r_y}$	$1,76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 1
	FLM	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	b/t ver Nota 8	$0,38\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA	$f_y W$	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h_w}{t_w}$	$3,76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5,70\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

- Qual o máximo hw para que a alma ainda seja compacta?

$\lambda_{ALMA} := \lambda_{pFLA}$ $hw_lim := tw \cdot 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 85,079\ cm$ --> assumindo uma alma compacta

Mrd_FLA = Z_necFLA . fy/ γa1

Condição de segurança no limite : Mrd_FLA = Msd

Z_necFLA . fy / γa1 = Msd

$Z_necFLA := Msd \cdot \frac{\gamma a1}{fy} = 998,25\ cm^3$

$\text{solve}\left(2 \cdot \left(bf \cdot tf \cdot \frac{(hw\ cm + tf)}{2} + \left(tw \cdot \frac{hw\ cm}{2}\right) \cdot \frac{hw\ cm}{4}\right) - Z_necFLA\ ;\ hw\right) = \begin{bmatrix} -221,12 \\ 21,125 \end{bmatrix}$

adotado: $hw := 22\ cm$

Verificação FLM:

$\lambda_{MESA} := \frac{0,5 \cdot bf}{tf} = 7,8125$ < $\lambda_{pFLM} := 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 10,748$ MESA COMPACTA para FLM

Procedimento de cálculo do momento resistente é igual à FLA;

Cortante Resistente:

Tipo de Alma	Relação de Parâmetros	Expressão de Cálculo
Compacta	$\lambda \le \lambda_p$	$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Semi-compacta	$\lambda_p < \lambda \le \lambda_r$	$V_{Rd} = \frac{\lambda_p V_{pl}}{\lambda\, \gamma_{a1}}$
Esbelta	$\lambda_r < \lambda$	$V_{Rd} = 1,24\left(\frac{\lambda_p}{\lambda}\right)^2 \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$

$V_{pl} = 0,60 A_w f_y = 0,60 d t_w f_y$

$\lambda = \frac{h_w}{t_w}$ $\lambda_p = 1,10\sqrt{\frac{k_v E}{f_y}}$ $\lambda_p = 1,37\sqrt{\frac{k_v E}{f_y}}$

k_v igual a 5,0 para almas sem enrijecedores transversais, para $\frac{a}{h_w} > 3$ ou para $\frac{a}{h_w} > \left[\frac{260}{h_w/t_w}\right]^2$ e $5 + \frac{5}{(a/h_w)^2}$ para os demais casos.

Assumindo hw = 22 cm (necessário para verificação FLA/ FLT) $hw := 22\ cm$ $tw = 0,80000\ cm$

$d := hw + 2 \cdot tf = 25,200\ cm$

$Aw := d \cdot tw = 20,160\ cm^2$ $Vpl := 0,60 \cdot Aw \cdot fy = 302,40\ kN$ $kv := 5,0$

$\lambda_{cis} := \frac{hw}{tw} = 27,500 \quad < \quad \lambda_{pcis} := 1,10 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E}{fy}} = 69,570$

Conclusão : ALMA COMPACTA para Cisalhamento

$Vsd = 165,00\ kN \quad < \quad Vrd := \frac{Vpl}{\gamma a1} = 274,91\ kN$ Ok para hw = 22 cm (atende a verificação de cortantes)

Verificação de Flecha:

δlim = L / 350 assumindo hw = 22 cm

$Iz := \frac{bf \cdot (hw + 2 \cdot tf)^3}{12} - \frac{(bf - tw) \cdot hw^3}{12} = 11866\ cm^4$

$\delta calc := \frac{5 \cdot q_els \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Iz} = 2,1517\ cm \quad > \quad \delta lim := \frac{L}{350} = 1,5714\ cm$

Necessário recalcular hw para atender a verificação de flecha.

$Iz_nec := \frac{5 \cdot q_els \cdot L^4 \cdot 350}{384 \cdot E \cdot L} = 16248\ cm^4$

$\text{solve}\left(\frac{bf \cdot (hw\ cm + 2 \cdot tf)^3}{12} - \frac{(bf - tw) \cdot (hw\ cm)^3}{12} - Iz_nec\ ;\ hw\right) = \begin{bmatrix} -293,92 \\ -31,933 \\ 25,857 \end{bmatrix}$

adotado: $hw := 26\ cm$
